基于模块化设计的水利水保工程桩基钢筋笼加工平台研究

高 哲[1], 张 富[1], 高建恩[2,3,4], 周媚芳[4], 胡彦婷[1]

(1. 甘肃农业大学 林学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 4. 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: [目的] 针对在水利、水保及民用建筑工程领域的基础工程施工中所用到的钢筋笼加工制作平台存在的造价高,使用不便,制作材料浪费大,标准不统一和加工质量差等问题,基于"系统化、模块化"的设计思想,设计一种钢筋笼加工制作平台。[方法] 该设计主要包括固定支架模块和固定轴模块。固定架模块由一对固定支架组成;固定轴模块由高笼模块、中笼模块和低笼模块组成。内固定轴模块通过内滚动轴承连接外固定轴模块,外固定轴模块表面沿外圆周安装有数个主筋镶片,主筋镶片上有横向的主筋卡槽和纵向的加强箍或支撑箍卡槽。[结果] 该设计解决了不同桩基设计要求的钢筋笼尺寸制作不通用问题,也解决了钢筋笼加工不统一、不标准,且一个工程一台机械,用完即丢弃的问题。不仅能使成品钢筋笼加工质量容易符合规范要求,而且能防止在制作过程由于就地制作造成的泥土和油污对笼身的污染,大大提高了制作和施工效率,节约成本,保护了环境。[结论] 桩基钢筋笼加工平台的改进设计对不同类型基础工程中设备器材的可持续利用有重要意义,它可以促进建筑材料的循环应用。

关键词: 基础工程;钢筋笼;模块化设计;制作平台

文献标识码: B **文章编号**: 1000-288X(2017)05-0255-05 **中图分类号**: TU201.5, S157

文献参数: 高哲, 张富, 高建恩, 等. 基于模块化设计的水利水保工程桩基钢筋笼加工平台研究[J]. 水土保持通报, 2017, 37(5): 255-259. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.05.043; Gao Zhe, Zhang Fu1, Gao Jianen, et al. Platform of reinforcing steel cage for pile foundation of water conservancy and soil and water conservation project studied based on modular design[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(5): 255-259. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.05.043

Platform of Reinforcing Steel Cage for Pile Foundation of Water Conservancy and Soil and Water Conservation Project Studied Based on Modular Design

GAO Zhe[1], ZHANG Fu[1], GAO Jianen[2,3,4], ZHOU Meifang[4], HU Yanting[1]

(1. *College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu* 730070, *China*; 2. *Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*; 3. *Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*; 4. *College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: [Objective] Aiming to solve the problem in construction of foundation engineering in the field of water conservancy, water conservation and civil construction engineering that the steel cage processing platform has the disadvantages of high cost, inconvenient use, large material waste, poor standard and poor processing quality, based on the design idea of "systematization and modularization", a steel cage fabrication platform is designed. [Methods] The machining platform mainly consisted of a fixed support module and a

收稿日期: 2017-06-09 **修回日期**: 2017-07-11

资助项目: 国家自然科学基金项目"复杂下垫面暴雨径流侵蚀相似性模拟实验研究"(41371276),"人类活动干扰下陇中黄土高原生态系统服务功能相互关系研究"(41571051); 湖南省水利科技项目(K4030217044); 中国科学院"2+3"项目(A315021615)

第一作者: 高哲(1990—),男(汉族),陕西省咸阳市人,硕士研究生,研究方向为水土保持工程的规划设计及水土资源高效利用。E-mail: 381765986@qq.com。

通讯作者: 张富(1961—),甘肃省定西市人,男(汉族),博士,研究员,主要从事水土保持措施对位配置及径流聚集工程技术的科学研究,以及水土保持工程的规划设计、管理工作。E-mail: zhangfu@gsau.edu.cn。

fixed shaft module. The fixed frame module was composed of a pair of fixed supports and the fixed shaft module was composed of a high cage module, a middle cage module and a low cage module. The internal fixing axle module was connected with the external fixing shaft module through the inner rolling bearing. The outer surface of the outer fixed shaft module was provided with a plurality of main rib inserts. The main reinforcement plate was provided with a transverse main reinforcement groove and a longitudinal reinforcing hoop or a supporting hoop slot. [Results] The design could solve the problem that the dimension of reinforcing steel cage of various pile foundations was not universal, and to solve the problems of steel cage processing was not unified, not standard and the steel cage could only be used in a project once. This design could not only make the steel cage more conform to the standard requirements, but also could prevented contamination of the cage caused by soil and oil contamination in the production process. It could greatly improve the production and construction efficiency, and could save costs and protect the environment. [Conclusion] The improvement design of the steel bar cage processing platform is of great importance to the sustainable development of equipment and materials in different types of infrastructure projects. The design can further realize the cyclic application of building materials.

Keywords: foundation engineering; reinforcing cage; modular design; production platform.

在民用土木建筑、水利工程及水土保持渣场挡墙工程中,基础工程是其整个施工过程中最为重要的一个环节,其中又以桩基工程为之首要。桩基工程中钢筋混凝土钻孔灌注桩的施工离不开钢筋笼的前期加工与制作。

在世界上最早有相关资料记载的钢筋笼加工制作是欧美国家在水利水工建筑及填海施工时少量的使用,但这样的钢筋笼制作较为原始,主要由大量人力及原始机械加工而成。20 世纪初期,欧美国家大规模的水利工程及民用高层建筑工程大大推动了钢筋笼的制作与发展。

德机在《混凝土管道钢筋笼生产技术的开拓者》中提出德国 MBK 机械制造有限公司设计生产的"MBK 钢筋笼焊机"[1]。只需一个操作员,滚焊程序容易输入、储存和修改,精确到 1 mm,ENC 控制,使室内外层钢筋笼的生产成为可能。随着国内经济建设大踏步前进,特大型水利工程及超高层民用建筑的兴建,大大推动了国内钢筋笼加工的制作工艺。

翟俊杰[2]提出了采用一种简易模具法加工桩基钢筋笼的施工技术。陶美祥等[3]提出一种桩基钢筋笼胎具的构造及操作方法,初步给出了使用模具进行钢筋笼规范制作的设计思路及相应的钢筋笼的加工步骤,一定程度上解决了加工桩基钢筋笼标准高,数量大,工期紧的难题。张东升[4]提出一种钻孔桩钢筋笼滚焊机,即利用 PLC 控制和自动化机械加工钢筋笼的方法进行钢筋笼的加工制作。杨大金等[5]提出一种钢筋笼滚焊机,其采用预设参数、机械作业、一次焊接成型,具有机械化程度高、加工速度快、质量稳定可靠等特点。童斌华等[6]提出一种 LHL-2000 型钻孔桩钢筋笼滚焊机并在现实中应用于桥梁钻孔桩钢筋加工,可加快钢筋笼的加工进度,同时提高钢筋笼的加工质量。孙小霞[7]提出一种连环钢筋笼成型设备,其设备特点一改传统手工作业方式难以从根本上提高质量弱项指标的弊端,采用预设参数、机械作业、一次焊接成型,具有机械化程度高、加工速度快等特点。谭莹等[8]提出一种自制的操作平台和定位、脱离装置,解决了钢筋笼连接、定位等施工难点,确保了桩基施工质量。

上述研究在钢筋笼的自动化、机械化等制作工艺上进行了大量的工作,取得了较大的成果。但在各领域之间的通用化、设备成本的低廉化上,仍有相对较大的空间进行开发;并且因各项目的设计和要求不同,其施工场地境况大小异同,运送大型加工机械较为困难,并非均能使用全自动机械化钢筋笼加工平台进行加工制作,且当出现机械故障时维修相对繁琐,耗时较长。

本研究拟针对目前国内在桩基工程中所用到的钢筋笼加工制作的现状及出现的潜在的问题,对钢筋笼的加工制作工艺进行优化和改进,并在前期对该设计已作为国家发明专利进行申报[9]。

1 材料与方法

1.1 钢筋笼定义

传统意义上的钢筋笼,指在项目基础工程施工时,下放至所打孔中的一种由不同型号钢筋绑扎和焊接而成的圆柱形笼状物。加工制作完成的成品钢筋笼主要由主筋、固定筋(部分钢筋笼按照设计要求还需要设置正三角形状内撑筋)、螺旋加劲箍(其中分为

加密区和非加密区 2 个区域)构成。整个笼身又分为高笼、中笼和低笼。其作用跟建筑物中柱的纵向钢筋的受力是同一原理,即主要起抗拉作用,混凝土的抗压强度高但抗拉强度是低。对桩身混凝土起到约束的作用,使之能承受一定的水平拉力。

在水利及水保工程的基础工程中使用的钢筋笼是使用相应长度与直径的钢筋,根据一定的外形设计要求绑扎在一起形成的笼形(或圆柱形)钢筋框架,而后使用相应标号的混凝土按规定工艺进行填充或浇灌,经过一定时间的保养,经过一定时间的保养即可完成。新型钢筋笼简单易安装,且整体化程度高,有利于约束混凝土构件,提高混凝土构件的整体性和稳定性,以便保证其上部工程的施工要求以及今后的使用要求。

国内大多数施工现场所使用的原钢筋笼制作模具构造较简单,多为现场就地取材焊接而成。使得原模具上无任何尺寸刻度,虽能粗糙制作出钢筋笼,却无法保证各项技术参数符合图纸和相关技术验收规范条款,并且易导致成品钢筋笼在堆放和运输过程中出现的二次污染。

1.2　存在问题分析及解决思路

在建筑领域,国内外已对钢筋笼的制作与加工有了较大的研究与发展,设计出系统化、机械自动化的加工制作平台,在一定程度上弥补了其成品钢筋笼在加工过程中质量不符合相关规范要求的缺陷,并节省大量人力资源。但是,钢筋笼的加工制作设备在各领域之间的通用化、设备成本的低廉化上,仍有相对较大的空间进行开发、优化和提升;并且因各建设项目的设计要求不同,其施工场地的境况大小不一,并非均能使用全自动机械化钢筋笼加工平台进行其加工制作,而且若出现机械故障时维修相对繁琐,且耗时较长。

如何开发一种成本低廉,操作使用简单,各领域通用化,各零构件标准化,且便于施工技术人员组装、拆卸与运输的新型钢筋笼加工平台,仍具有较大的研究价值与意义。

2　新型钢筋笼设计研究

2.1　设计原理

以圆柱形成品钢筋笼笼身主体结构为设计雏形,该新型钢筋笼加工制作平台主体为圆柱体,以“内凹式镶嵌型”构件和圆柱形固定轴模块组装而成,采用固定支架悬空支撑。

即根据待建项目施工图纸各项设计参数要求为该平台自身调整依据,改变原模块各分部构件长度和尺寸大小,待调整符合图纸设计要求后布置各类钢筋原材(包括内支撑筋、主筋、固定筋和螺旋夹劲箍等)嵌入模具的主筋镶片内及表面(图 1—2),待旋转固定轴对其进行间距微调后进行焊接形成成品钢筋笼,从而满足各种标准及型号的钢筋笼生产。

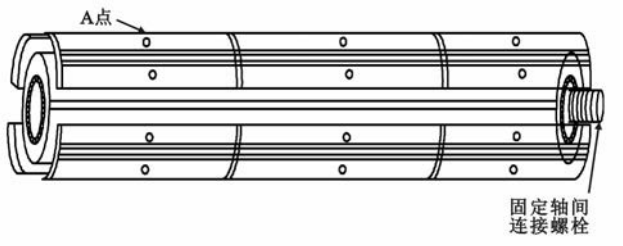


图 1　固定轴模块示意图

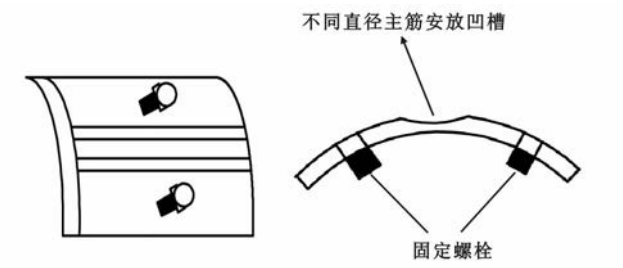


图 2　A 点放大后的效果图

2.2　通用化设计

针对不同工程设计图纸的各项设计参数的不同(包括钢筋笼笼身长度、各钢筋型号、主筋间距、螺旋加劲箍间距和螺旋加劲箍加密区间距及长度范围等),并且笼身在制作时各型号钢筋是以镶嵌的形式布置于主筋镶片的各凹槽与刻度处,即采用对其不同型号之间的主筋镶片及固定轴模块的替换、连接和二次安装,满足“一器材多用途”的理念,从而提高重复使用率,实现多专业、多领域施工中的交叉使用。

2.3　成本低廉化设计

先前研究人员所设计出的各种钢筋笼制作机械,主要分为全自动化和半自动机械化 2 种类型,虽在操作人员上配置较少,制作过程中无需较多手动制作,但该机械自身制造及维护成本较高,机械自身特点(如需连接电源、输入预设参数等)反而使其具有一定的施工环境局限性,施工现场一旦发生突发状况则无法正常运转,且在人工、设备及电能的费用上消耗较大。

针对以上提出的潜在缺陷,该设计由各大小模块及构件组装而成,即可在前期按国内不同型号的钢筋大小制作出一套不同型号大小的主筋镶片及其他构件,也可以在任何环境条件下进行现场快速组装,且

无需连接电源，其现场施工作业几乎不受任何外界因素的干扰和限制。并且在施工使用过程中，若出现机械故障，可直接更换已损坏构件后继续进行钢筋笼加工作业，而一般大型自动化机械在维修时需要部分或大面积进行拆卸、替换零部件和二次组装后并经反复调试方可正常运行，相比较而言本设计大大降低器材的维修时间及人力、物力的维修成本。

2.4 防污设计

针对钢筋笼模块主体自身及加工出的成品钢筋笼笼身容易被泥土污染的问题，本设计采用简易支架悬空制作设计，笼身模块整体部分由支架支撑悬空，可避免其与地面接触，从而防止油污、泥污和锈污等各种污染导致该设备无法正常运转，也对钢筋笼制作过程中可能出现的笼身污染起到一定的预防作用。在定期设备保养时，整体或部分的拆卸后在清洗、除杂和表面刷油后即可进行组装成型，快捷便利。

2.5 结构特点

该钢筋笼加工平台的主要特征在于，采用模块化设计，包括固定支架模块和固定轴模块。其中：固定架模块由一对固定支架组成，其中的一个固定支架上有定位卡尺，另一个固定支架上有成品钢筋笼出口。

固定轴模块由高笼模块、中笼模块和低笼模块组成，且高笼模块、中笼模块和低笼模块均由内固定轴模块和外固定轴模块组成；内固定轴模块通过内滚动轴承连接外固定轴模块如图 3 所示，外固定轴模块表面沿外圆周安装有数个主筋镶片，主筋镶片上有横向的主筋卡槽和纵向的加强箍/支撑箍卡槽；所述的主筋镶片上印有螺旋加强箍的缠绕位置和间距如图 4 和 5 所示。

高笼模块、中笼模块和低笼模块通过内固定轴模块相互连接安装在一对固定支架之间。按照本设计，所述的主筋镶片的形状为弧形，主筋镶片通过螺栓与外固定轴模块表面连接。而主筋镶片上的主筋卡槽用于放置不同直径的钢筋，如图 4 和 5 所示。

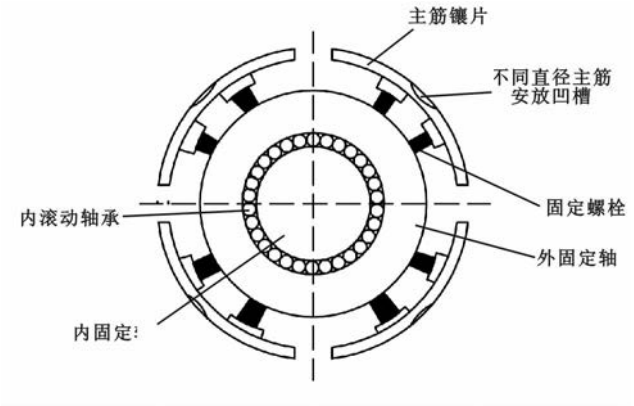


图 3 笼身模块截面图

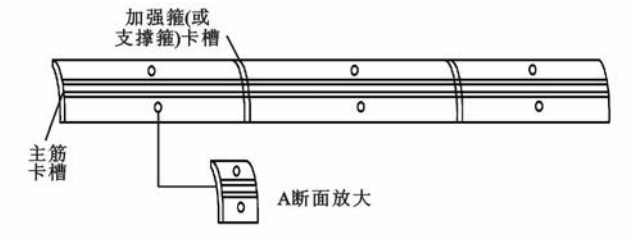


图 4 主筋镶片结构示意图

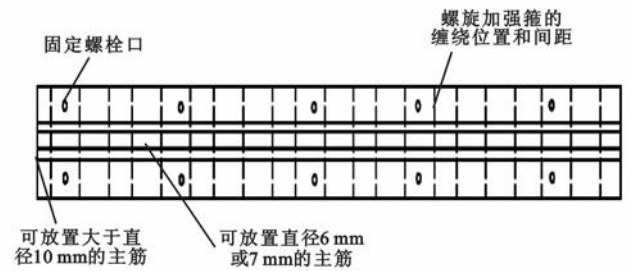


图 5 主筋镶片平面

2.6 操作流程

上述新型钢筋笼加工平台加工钢筋笼按照下列步骤进行(如图 6 所示)。

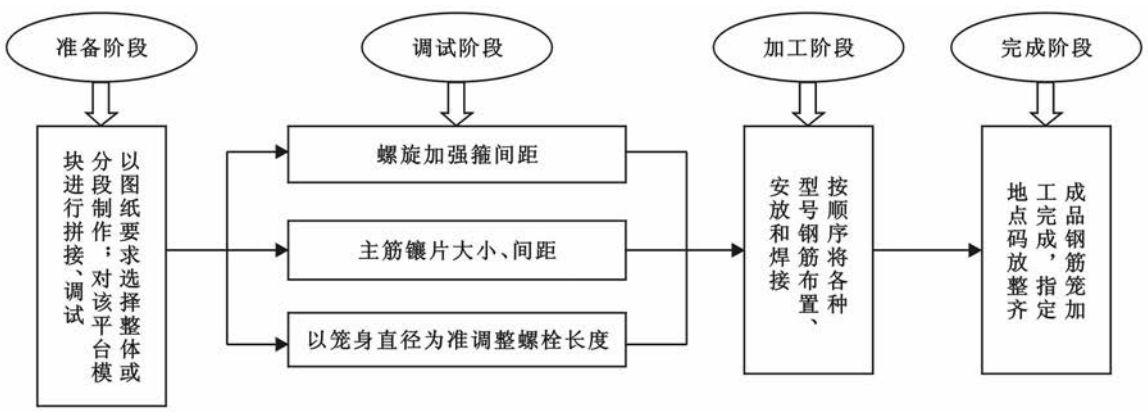


图 6 新型钢筋笼加工平台制作流程

首先,运用该钢筋笼设计平台进行钢筋笼的制作前,可先依据图纸要求笼身设计长度和现场调运设备的吊装能力,采用整体或分段制造。当采用分段制造时,应先在对制作平台模块进行试拼对接合格,再分开进行钢筋笼制造,以保证对接钢筋笼笼身的连接质量。

(1) 将该新型钢筋笼加工平台搁置在平整场地处,并在固定支架与地面的 4 个支撑处垫木块或橡胶垫,以保持制作过程中的平稳。

(2) 按照钢筋笼施工设计图纸相关技术参数,调整笼模块及主筋镶片以满足技术要求;参数包括钢筋笼的笼身长度、笼径长度、主筋直径、螺旋夹劲箍加密区与非加密区区域及加密区与非加密区间距。①使用定位卡尺定位螺旋加劲箍间距并连接固定。②将主筋镶片调整更换至设计图纸所需主筋尺寸及长度并安装固定。③调整主筋镶片与外固定轴表面的螺栓连接,从而达到满足图纸要求的钢筋笼笼身直径尺寸。④若图纸需要其中加放内支撑箍,则调整主筋镶片间距,便于提前安放内支撑箍圈,从而防止钢筋笼笼身缩径。

(3) 按照"内支撑箍圈—加劲箍圈—主筋—螺旋箍筋—外保护层"的顺序进行钢筋布置与安放,安放期间便可进行钢筋的焊接工艺。

(4) 在钢筋笼制作完成后,按照图 6 所示从成品钢筋笼出口将钢筋笼退出钢筋笼加工平台,并放置在钢筋笼存放地点,即可进行下一个钢筋笼制作。

3　质量控制

3.1　质量控制标准

该新型钢筋笼加工平台在设计及制作钢筋笼时均以现行国家标准《建筑桩基技术规范》JGJ94—2008[10]和《钢筋机械连接技术规程》JGJ107—2010[11]中相关要求参数值作为技术参照。

3.2　质量控制措施

3.2.1　*钢筋笼加工过程质量控制*　在加工各类钢筋笼时除应按照上述"2.6 操作流程"相关操作步骤外还需以《建筑桩基技术规范》JGJ94—2008 中相关规范要求为准。其中关键质量控制节点如表 1 所示。

表 1　钢筋笼加工制作关键节点允许偏差表

项 目	允许偏差/mm	允许偏差范围
钢筋笼笼身直径	±10	图纸设计值正负最大允许偏差值
钢筋笼笼身长度	±100	
主筋间距	±10	
箍筋间距	±20	

3.2.2　*钢筋笼安装过程质量控制*　因现场施工图纸设计要求,需对钢筋笼笼身主筋进行加长连接。连接方式主要以机械连接为主,且各主筋接头处与相应套筒应设置标识,从而保证按顺序进行连接。且该项作业应使用力矩扳手进行操作和轻微校核。不同直径对应的扭矩值应符合表 2 规定。

表 2　不同直径钢筋最小拧紧扭矩值

钢筋直径/mm	≤16	18～20	22～25	28～32	36～40	50
扭矩值/(N·m^{-1})	100	200	260	320	360	460

3.3　工程应用

针对在水利和水保工程领域的基础工程施工中,所用到的钢筋笼加工制作平台存在的造价高、使用不便、制作材料浪费大、标准不统一和加工质量差等问题,基于"系统化、模块化"的理念,设计了上述钢筋笼加工制作平台。该设计解决了不同桩基工程中因设计要求的不同使得钢筋笼尺寸制作不通用的问题,也解决了钢筋笼加工不统一、不标准,且一个工程一套模具用完即丢弃的问题。与工程中现有钢筋笼制作系统相比较,不仅能使成品钢筋笼在质量上更容易符合规范要求,而且能防止在制作过程中由于就地制作造成的泥土和油污对笼身的污染,制作和施工效率提高 20%以上,成本节约 10%以上。

4　结 论

(1) 遵循上述规范化的制作流程和关键节点的质量控制,该新型钢筋笼加工平台加工出的成品钢筋笼在主筋间距、箍筋间距、钢筋笼直径、钢筋笼笼身长度的误差均在规范允许误差范围内。对于成品钢筋笼关键节点误差范围的控制效果明显。

(2) 该加工制作平台是以"模块化组装"为设计理念,施工现场拆卸安装非常方便,便于清洗和维修,耗费人力较少。不仅能使成品钢筋笼质量均符合规范要求,而且能有效防治在制作过程中对其造成的二次污染,从而在单位时间内大大提高了施工效率,节约成本。

(3) 由于是模块化的设计,所以可以根据不同工程设计图纸的各项设计参数的不同(包括钢筋笼笼身长度、各钢筋型号、主筋间距、螺旋加劲箍间距和螺旋加劲箍加密区间距及长度范围等),进行相关模块和零件的更换,在二次安装后微调即可进行钢筋笼加工作业。从而达到一器材多用途的目的,提高了重复使用率,解决了多专业、多领域施工中的交叉使用问题。

(下转第 296 页)

下能明显提高辣椒植株的干物质积累量和果实干物质积累量，同时植株干物质的积累动态也受影响，主要表现在提前30 d到达第一次平衡期和推迟41 d到达第二次平衡期。另外，水肥一体化技术处理能增加辣椒果实中干物质分配比例。水肥一体化技术处理能提高辣椒对氮磷钾养分的吸收量和在果实中的分配比例。水肥一体化技术通过减少灌水和施肥量提高利用率，增加产量和提高经济效益。

[参 考 文 献]

[1] 马艳青.我国辣椒产业形势分析[J].辣椒杂志，2011(1)：1-5.

[2] 王兰兰.甘肃省辣椒生产与科研现状及发展对策[J].辣椒杂志，201(4)：1-3.

[3] 谢建昌，陈际型.菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥[M].南京：河海大学出版社，1997：41-46.

[4] 赵其国.发展与创新现代土壤科学[J].土壤学报，2003，40(3)：321-327.

[5] 王辉，董元华，安琼.高度集约化利用下蔬菜地土壤养分累积状况：以南京市南郊为例[J].土壤，2006，38(1)：61-65.

[6] Mcdowell R W，Sharply A N. Approximating phosphorus re-lease from soils to surface runoff and subsurface drainage[J]. Journal Environmental Quality，2001，30(2)：508-520.

[7] 王新军，廖文华，刘建玲.菜地土壤磷素淋失及其影响因素[J].华北农学报，2006，21(4)：67-70.

[8] 姜波，林咸永，章永松.杭州市郊典型菜园土壤磷素状况及磷素淋失风险研究[J].浙江大学学报：农业与生命科学版，2008，34(2)：207-213.

[9] 陈子才，倪治华，周晓锋.不同施肥方式对蔬菜硝酸盐含量的影响[J].上海蔬菜，2006(6)：70-71.

[10] 杨学忠，李学文.冀东平原设施辣椒水肥一体化技术应用效果研究[J].现代农业科技，2011(5)：105-106.

[11] 李伏生，陆申年.滴灌施肥的研究和应用[J].植物营养与肥料学报，2000，6(2)：233-240.

[12] 刘虎成，徐坤，张永征，等.滴灌施肥技术对生姜产量及水肥利用率的影响[J].农业工程学报，2012(S1)：106-111.

[13] Klein I，Levin I，Bar-Yosef B，et al. Drip nitrogen fertigation of "Starking Delicious" apple trees[J]. Plant and Soil，1989，119(2)：305-314.

[14] 樊兆博，刘美菊，张晓曼，等.滴灌施肥对设施番茄产量和氮素表观平衡的影响[J].植物营养与肥料学报，2011，17(4)：970-976.

[15] 郭新正，阿曼古丽，赖波，等.棉花膜下滴灌酸性液体肥的试验效果[J].土壤肥料，2004(1)：19-21.

[16] 金继运，何萍.氮钾互作对春玉米生物产量及其组分动态的影响[J].玉米科学，1999(4)：57-60，72.

[17] 卢建武，邱慧珍，张文明，等.半干旱雨养农业区马铃薯干物质和钾素积累与分配特性[J].应用生态学报，2013，24(2)：423-430.

[18] 赵营，同延安，赵护兵.不同供氮水平对夏玉米养分累积、转运及产量的影响[J].植物营养与肥料学报，2006，12(5)：622-627.

[19] 蔡树美，吕卫光，田吉林，等.水肥优化耦合下设施青菜的养分吸收和干物质积累规律[J].生态与农村环境学报，2015(3)：385-389.

[20] Ma Qinghua，Zhang Fusuo，Rengel Z，et al. Localized application of NH_4^+-N plus P at the seedling and later growth stages enhances nutrient uptake and maize yield by inducing lateral root proliferation[J]. Plant and Soil，2013，372(1/2)：65-80.

[21] 周博，周建斌.不同水肥调控措施对日光温室土壤水分和番茄水分利用率的影响[J].西北农林科技大学学报：自然科学版，2009，37(1)：211-216.

(上接第259页)

[参 考 文 献]

[1] 德机.混凝土管道钢筋笼生产技术的开拓者：德国MBK公司[J].中国建材，2000(10)：82-82.

[2] 翟俊杰.谈长临高速公路钢筋笼模具法施工[J].山西建筑，2016，42(24)：155-156.

[3] 陶美祥，谢志红，黄振燕.胎具法钢筋笼制作施工工艺[J].中外公路，2012，32(S1)：71-73.

[4] 张东升.钻孔桩钢筋笼滚焊机的应用[J].建筑机械，2006(23)：104-104.

[5] 杨大金，李勇涛，秦强国.滚焊机在施工中的应用研究[J].公路交通科技：应用技术版，2012，8(3)：150-151.

[6] 童斌华，戴中华，宁英杰.钢筋笼滚焊机在钻孔桩中的应用[J].交通运输研究，2009(13)：236-237.

[7] 孙小霞.钢筋笼滚焊机在施工中的应用[J].北方交通，2011(5)：158-160.

[8] 谭莹，张晓斌.深基坑钻孔灌注桩钢筋笼制作与安装[J].施工技术，2012，41(13)：48-50.

[9] 高哲.一种土木建筑水利水保桩基工程中的钢筋笼加工平台：中华人民共和国，2016109361470[P].2016-11-1.

[10] 中华人民共和国建设部.JGJ94-2008建筑桩基技术规范[S].中国建筑工业出版社：北京.2008：5-65.

[11] 中华人民共和国住房和城乡建设部.JGJ107-2016钢筋机械连接技术规程[S].北京：中国建筑工业出版社，2016：10-11.